

Efektivitas Penyerapan Timbal (Pb) Menggunakan Penambahan Mikoriza dan EDTA Pada Bunga Matahari (*Helianthus annuus* LINN.)

Effectivity of Lead (Pb) Absorption by Sunflower (Helianthus annuus LINN.) Using The Addition of Mycorrhizal and EDTA

Endang Rokaya Putri S. Sigirow¹⁾, A. Wibowo Nugroho Jati²⁾, L. Indah Murwani²⁾

Jurusan Biologi Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari 44, Yogyakarta 55281 Indonesia

Email : edgsigiro@gmail.com

Abstrak

Helianthus annuus atau bunga matahari memiliki potensi sebagai fitoremediator logam timbal (Pb) dalam tanah. Penambahan mikoriza dan EDTA akan meningkatkan kinerja bunga matahari dalam menyerap logam berat. Mikoriza akan bersimbiosis dengan akar tanaman dan meningkatkan kemampuan bertahan hidup tanaman pada lingkungan tercemar dan meningkatkan kinerja tanaman dalam meremediasi tanah tercemar logam berat. Sedangkan EDTA digunakan sebagai agen kelating yang meningkatkan kelarutan logam dalam air sehingga memudahkan tanaman dalam menyerap logam berat. Kombinasi mikoriza dan EDTA juga diteliti untuk melihat pengaruh penyerapan logam berat terhadap tanaman. Kadar logam berat Pb diukur menggunakan AAS dan di analisis menggunakan *two way* ANOVA dan juga uji lanjut DMRT. Perlakuan kontrol, mikoriza, EDTA, dan kombinasi mikoriza dan EDTA masing-masing diberi 3 kali ulangan dengan variabel organ tanaman, yaitu akar, batang, daun, dan biji. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap penyerapan logam Pb. Perlakuan EDTA paling efektif dalam menyerap logam Pb dalam tanah dengan efisiensi serapan logam Pb sebesar 5,82% diikuti dengan perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA sebesar 4,10%, perlakuan mikoriza 0,39% dan perlakuan kontrol 0%. Sedangkan pengaruh organ tanaman dan interaksi antar perlakuan dengan organ tanaman berbeda nyata ($P < 0,05$).

Kata Kunci : Fitoremediasi, Bunga Matahari (*Helianthus annuus*), Logam Timbal (Pb), Mikoriza, EDTA.

Abstract

Helianthus annuus or sunflower have the potential as phytoremediator of lead (Pb) on soil. The addition of mycorrhizal and EDTA will improve the performance of sunflower to absorb heavy metal. Mycorrhizal will in symbiosis with plant roots and improve the ability of plants to survive in the polluted environment and improve the performance of plants on remediate heavy metal contaminated soil. While EDTA is used as a chelating agent which increases the solubility of metals in the water making it easier for plants to absorb heavy metals. The combination of mycorrhizal and EDTA also being studied to see the effect of the absorption of heavy metals on crops. Heavy metal Pb levels were measured using AAS and analyzed using a *two way* ANOVA and also a further test DMRT. Control treatment, mycorrhiza, EDTA, and combinations of mycorrhizal and EDTA were each given 3 repetitions with variable plant organs, namely the roots, stems, leaves, and seeds. The analysis showed that highly significant treatment effect ($P < 0.01$) on the absorption of Pb. EDTA treatment is most effective in absorbing Pb in soils with Pb uptake efficiency by 5.82%, followed by treatment with a combination of mycorrhizal and EDTA at 4.10%, 0.39% mycorrhizal treatment and control treatment 0%. While the influence of plant organs and interaction between treatment with plant organs were significantly different ($P < 0.05$).

Keywords : Phytoremediation, Sunflower (*Helianthus annuus*), Lead (Pb), Mycorrhizal, EDTA

1) Mahasiswa Universitas Atma Jaya Yogyakarta

2) Dosen Universitas Atma Jaya Yogyakarta

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat di dalam tanah sudah menjadi masalah global seiring meningkatnya proses industrialisasi, aktivitas pertambangan dan laboratorium maupun kegiatan sehari-hari. Logam berat memiliki efek merugikan dalam lingkungan bahkan dalam konsentrasi yang sangat rendah. Logam berat sangat sulit terdegradasi di alam dan sangat mudah berikatan dengan molekul lain yang dapat mengganggu atau merusak fungsi dari suatu enzim atau logam esensial lainnya (Palar, 2004). Logam timbal sebagai salah satu pencemar lingkungan merupakan logam yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan organisme lainnya (Darmono, 1995).

Tanaman dapat menyerap logam berat dalam tanah dan mengurangi efek toksiknya atau menyerap logam berat dan memerlukan perlakuan selanjutnya untuk mengurangi efek toksik dari logam berat (Hardiani, 2009). Penggunaan tanaman sebagai pencuci polutan dalam tanah, maupun air disebut sebagai fitoremediasi. Keberhasilan fitoremediasi tergantung pada toleransi tanaman terhadap logam berat, kemampuan metabolisme dan imobilisasinya, dan juga besar biomassa tanaman untuk meremediasi logam berat dalam tanah (Sunitha dkk., 2013).

Helianthus annuus atau bunga matahari memiliki potensi sebagai fitoremediator beberapa logam berat dalam tanah termasuk timbal (Gallego dkk., 1996; Van der Lelie dkk., 2001; Lin dkk., 2003; dalam Nehnevajova, dkk., 2005). Penambahan mikoriza dan EDTA akan meningkatkan kinerja *H. annuus* dalam meremediasi limbah logam berat dalam tanah. Menurut Suharno dan Suharno dan Sancayaningsih (2013), mikoriza biasa dimanfaatkan dalam remediasi logam berat pada lahan bekas tambang. Sedangkan menurut Farid dkk. (2013), penambahan EDTA pada tanaman dapat meningkatkan parameter pertumbuhannya, toleransi terhadap lahan kering dan akumulasi pada beberapa logam berat. Penambahan mikoriza dan EDTA diperlukan pada *H. annuus* untuk mengakumulasi logam berat tidak sampai pada akar saja tetapi hingga pada batang atau bahkan pada bijinya. Pengaruh penambahan mikoriza dan EDTA akan diteliti dalam meningkatkan kinerja berbagai jenis tanaman dalam usahanya merevegetasi lahan tercemar logam berat pada bunga matahari.

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Tempat penelitian dilakukan di Kebun

Biologi dan Laboratorium Teknobiologi-Industri Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan Laboratorium Instrumentasi Fisika Dasar dan Kimia Dasar, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember 2014 sampai dengan bulan Desember 2015.

B. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan saat penelitian adalah biji bunga matahari (jenis lokal), biji jagung, larutan bleach komersial, larutan H_2SO_4 , larutan HNO_3 4M, larutan $HClO_4$, pupuk Mikronutrien dan Hormon Pertumbuhan, air, aquades, garam $EDTA.Na_2$ (EDTA teknis), pupuk mikoriza (Berkat Agro Jaya), dan 5 mM $Pb(NO_3)_2$. Alat yang digunakan adalah timbangan (Mettler Toledo tipe AL-204), cangkul, sekop, selang air, ember, polibag, wadah pembenihan, baki plastik, zeolit, kapas, Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin Elmer tipe 5100), lemari asam (Biobase tipe FH1000-X), waterbath shaker (Bioer tipe N1-13S), loyang, beker glass, erlenmeyer, blender (Miyako tipe BL-151), gelas pengaduk, pipet tetes, pipet ukur, propipet, sendok, kertas buram, karung beras, trash bag, dan kamera (LG tipe Nexus 5).

C. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam pengujian efektifitas penyerapan Pb pada bunga Matahari (*Helianthus annuus* L) adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan sampel homogen dan penggunaan 4 variasi perlakuan. Perlakuan yang digunakan adalah kontrol (tanpa perlakuan), penambahan EDTA, penambahan mikoriza, dan kombinasi (EDTA dan mikoriza). Perlakuan masing-masing dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

D. Tahapan Persiapan

1) Tanaman

Bunga Matahari diperoleh secara komersial di Pasar Tanaman Hias dan Hewan Yogyakarta (PASTY) dengan perkiraan umur 2-3 bulan. Tanaman yang diperoleh kemudian dibiarkan selama 2 minggu untuk beradaptasi di tempat akan dilakukannya penelitian. Selama itu dilakukan pemeliharaan pada tanaman.

2) Inokulasi Pra-tumbuh (*layering technique*)

Inokulasi pra-tumbuh mikoriza pada benih dilakukan berdasarkan metode Bertham (2011) dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 5 biji

jagung disiapkan. Biji dibungkus dengan kapas basah dan dibiarkan selama 3-5 hari untuk berkecambah. Biji kemudian ditanam dalam baki plastik berisi substrat zeolit yang telah disterilisasikan. Sebelum penanaman, pupuk mikoriza (Berkat Agro Jaya) sebanyak 8 gr dicampurkan dengan zeolit. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman air, dan pada minggu ke 2 tanaman tidak diberi penyiraman air. Tanaman dibiarkan mati dan sekitar 3-4 hari pada saat tanaman mengering. Sedangkan, pengamatan ada tidaknya mikoriza dilakukan dengan melihat akar-akar tipis yang terbentuk pada komunitas akar tanaman dan di foto sebagai bentuk dokumentasi.

E. Tahapan Perlakuan

Penelitian dilakukan dengan empat macam perlakuan berbeda. Perlakuan kontrol, EDTA, mikoriza dan perlakuan kombinasi EDTA dengan mikoriza. Masing-masing perlakuan diberi 3 kali ulangan, dengan total polibag 12 buah. Perlakuan EDTA, ditambahkan dengan 1 g EDTA.Na₂/kg tanah sesuai dengan dosis yang digunakan pada penelitian Liphadzi dkk. (2003). Sedangkan pada perlakuan mikoriza, tanah ditambahkan dengan 8 gram pupuk mikoriza (Berkat Agro Jaya). Hal ini didasarkan pada penelitian Shirmardi dkk. (2010). Tanah diberi 4 lubang yang sama dan masing-masing diberi 2 gram pupuk hayati mikoriza (Kusuma BioPlus). Sedangkan pada perlakuan terakhir, tanah diberikan kombinasi perlakuan pertama dan perlakuan kedua. Perlakuan mikoriza dilakukan 2 minggu lebih awal dari perlakuan lainnya agar simbiosis mikoriza sudah terjadi sebelum diberikan perlakuan logam berat.

Masing-masing polibag diberi kira-kira 1 kg tanah yang telah terkontaminasi dengan 5 mM logam Pb sesuai dengan konsentrasi yang digunakan pada penelitian Sewalem dkk. (2014). Bunga matahari kemudian ditanam pada masing-masing polibag dan dilakukan pemeliharaan hingga akhir penelitian.

F. Tahapan Pengukuran Logam

Kadar Pb diukur pada hari ke-0 dan pada minggu ke-3. Pada hari ke-0 dilakukan pengukuran hanya pada tanah saja (sebelum penambahan logam), sedangkan pada minggu ke-3 dilakukan pengukuran pada tanah, akar, batang, daun, dan biji pada masing-masing perlakuan (dalam tiga kali pengambilan sampel).

1) Sampel Organ Tanaman

Metode disesuaikan dengan Sewalem dkk. (2014), dengan beberapa modifikasi. Sampel

akar, batang, daun, dan biji pada masing-masing tanaman diambil secukupnya, dicuci bersih dengan air dan dijemur hingga kering. Setelah kering, sampel dihancurkan dengan blender hingga menjadi bubuk. Sebanyak 0,4 gr dari masing-masing sampel dilarutkan dengan 5 ml H₂SO₄ dan 1 ml HClO₄ dan dipanaskan dalam *microwave* dengan suhu 70°-80°C selama 30 menit (larutan akan lebih jernih). Tambahkan dengan 30 ml aquades dan difiltrasi menggunakan kertas saring. Larutan dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

2) Sampel Tanah

Tanah pada masing-masing pot diambil pada bagian atasnya sebanyak 2 gr. Tanah kemudian ditambahkan dengan 20 mL 4 M HNO₃, dicampur dan dimasukkan dalam *waterbath shaker* selama 21 jam pada 80°C (Liphadzi dkk., 2003). Hasil kemudian dianalisis dengan cara yang sama pada tanaman.

G. Analisis Data

Menurut Arisusanti dan Purwani (2013), potensi tanaman sebagai remediator dilakukan dengan menghitung akumulasi logam berat dalam akar, batang, daun dan biji dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), serta menghitung kandungan logam timbal dalam tanah dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Hardiani, 2009) :

$$\text{Akumulasi Pb} = \frac{A}{B} \text{ mg kg}^{-1}$$

Dimana :

A = berat logam pada (akar/batang/daun/biji)

B = berat tanaman (akar/batang/daun/biji)

$$\text{Efisiensi Serapan Pb} = \frac{C}{D} \times 100\%$$

Dimana :

C = berat total logam pd tanaman
(akar+batang+daun+biji)

D = berat logam dlm tanah awal

Data yang dikumpul diolah secara manual dengan bentuk tabel dan grafik. Data yang telah disajikan dan diinterpretasikan, kemudian dianalisis permasalahan yang telah ditentukan. Untuk menganalisa data tersebut, digunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan dua arah dan untuk mengetahui letak beda nyata antar perlakuan digunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95 % dan keduanya dilakukan menggunakan program komputer SPSS versi 23.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kandungan Logam Timbal dalam Tanah, Akar, Batang, Daun, Biji Bunga Matahari (*Helianthus annuus*)

Kandungan logam timbal (Pb) pada tanah dan tanaman selama penelitian, didapatkan penurunan kadar konsentrasi dalam medium tanah. Penurunan kadar konsentrasi ini dapat diakibatkan beberapa proses, salah satunya proses penyerapan logam berat oleh tanaman (Darmono, 1995). Sisa logam yang tidak terdeteksi dihitung dengan pengurangan total logam pada awal penelitian dengan total logam pada akhir penelitian dan total logam yang terserap dalam tanaman pada masing-masing perlakuan. Sisa logam yang tidak terdeteksi merupakan sisa logam yang tidak terbaca oleh AAS, sehingga disimpulkan tidak berada dalam jaringan tanaman atau pun medium tanah.

Rerata kandungan logam Pb dalam medium tanah dan tanaman serta hasil perhitungan sisa logam yang tidak terdeteksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rerata Kandungan Logam Timbal (Pb) dalam Tanah dan Tanaman Serta Sisa Logam yang Tidak Terdeteksi Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L)

Perlakuan	Kandungan Logam ($\times 10^{-2}$ mg.kg $^{-1}$)			Sisa logam yang tidak terdeteksi (%)
	Tanah		Tanaman	
	Awal	Akhir		
Kontrol	103,3	33,6	0	67,47
Mikoriza	103,3	28,55	0,01	72,35
EDTA	103,3	28,22	1,51	70,9
Mikoriza + EDTA	103,3	30,51	1,05	69,44

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan logam dalam tanah pada akhir penelitian terbesar terdapat pada perlakuan kontrol dengan total 0×10^{-2} mg.kg $^{-1}$ logam Pb yang terserap dalam tanaman. Sedangkan kandungan logam Pb dalam tanah pada akhir penelitian terkecil terdapat pada perlakuan EDTA dengan total $1,51 \times 10^{-2}$ mg.kg $^{-1}$ logam Pb yang terserap dalam tanaman. Tidak adanya kandungan logam Pb dalam tanaman pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa pada kondisi normal (tanpa perlakuan) bunga matahari (*Helianthus annuus*) tidak dapat menyerap logam timbal (Pb). Lain halnya jika bunga matahari diberi penambahan perlakuan seperti penambahan EDTA yang membantu penyerapan logam timbal (Pb) terbesar pada tanaman berdasarkan Tabel 1.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, bunga matahari (*Helianthus annuus*) merupakan tanaman yang menjanjikan dalam menyerap beberapa logam berat (Gallego dkk., 1996; Van der Lelie dkk., 2001; Lin dkk., 2003; dalam Nehnevajova dkk., 2005). Menurut Sewalem dkk. (2014), bunga matahari (*Helianthus annuus*) dapat menyerap logam Pb dengan total 15,47 μ g/g DW. Akan tetapi, Sewalem dkk. (2014) memberikan perlakuan logam Pb pada tanaman dengan umur 2 minggu selama 4 bulan lama penyerapan. Sedangkan pada penelitian ini dilakukan pemberian logam Pb pada tanaman dengan umur 3-4 bulan selama 1 bulan lama penyerapan.

Menurut Ratcliffe (1981; dalam Dewi dan Hapsari, 2012), variabel yang memengaruhi konsentrasi timbal pada tanaman adalah lama terpaparnya tanaman dan umur tanaman. Lama atau tidaknya suatu tanaman terpapar dengan cemaran memengaruhi konsentrasi timbal yang dapat diserap oleh tanaman. Sedangkan umur tanaman berhubungan dengan fisiologi dan morfologi tanaman yang sangat beragam, hal ini juga memengaruhi terhadap kemampuan tanaman dalam menyerap timbal. Kemungkinan adanya pengaruh perbedaan umur penerapan logam timbal (Pb) dan lama terpaparnya bunga matahari (*Helianthus annuus*) oleh logam Pb ini perlu diteliti lebih dalam lagi.

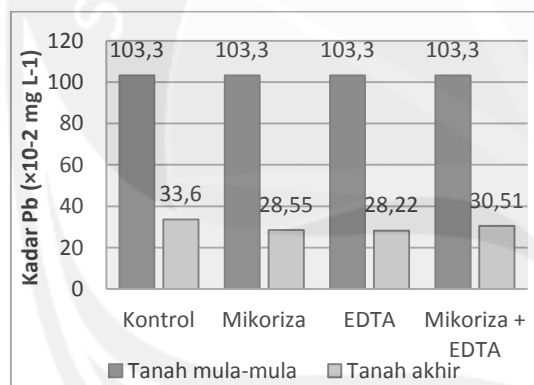
Pengaruh umur dan lama terpaparnya tanaman kemungkinan juga memengaruhi tingginya kandungan timbal dalam medium tanah. Selain itu, tingginya kandungan Pb dalam medium tanah dipengaruhi oleh kondisi kesuburan dan kandungan bahan organik tanah. Logam timbal (Pb) dalam tanah selalu terikat kuat oleh bahan organik atau koloid terpresipitasi. Hal inilah yang menjadi pembatas penyerapan ion logam timbal (Pb) oleh tanaman, sehingga kandungan Pb dalam tanah lebih tinggi daripada tanaman (Cecep, 1997; dalam Haryanti dkk., 2013).

Berdasarkan Tabel 3 juga dapat dilihat hasil perhitungan sisa logam yang tidak terdeteksi. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa terdapat sekitar 67-73% kadar logam Pb yang tidak berada dalam medium tanah maupun terserap dalam tanaman untuk semua bentuk perlakuan. Menurut Irwanto (2010) ada beberapa proses dari tanaman yang menyebabkan tidak terdeteksinya logam selama penelitian. *Phytodegradation* atau *phytotransformation* merupakan proses ketika tanaman menguraikan rantai molekul kompleks logam menjadi lebih sederhana yang kemungkinan berguna bagi tumbuhan itu sendiri (Irwanto, 2010). *Phytovolatilization* adalah

proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer. Proses *rhizodegradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikrobia yang berada di sekitar perakaran tanaman yang juga menjadi alasan tidak terdeteksinya logam Pb (Irwanto, 2010). Kemungkinan lain seperti ikut menguapnya logam bersamaan dengan air atau zat dan senyawa lainnya, juga melekatnya logam Pb pada polibag dan tidak homogenya tanah dengan sampel dapat dipertimbangkan sebagai alasan tingginya kadar logam Pb yang hilang pada tanah dan tanaman. Hal ini dikarenakan saat pengambilan sampel tanah, tanah tidak diaduk dengan baik sehingga logam Pb tidak ditemukan secara merata dalam tanah.

B. Pengaruh Perlakuan Terhadap Penurunan Logam Timbal dalam Tanah

Pengaruh perlakuan terhadap penurunan konsentrasi logam pada media tanah masing-masing sampel, dapat dilihat pada Gambar 1.

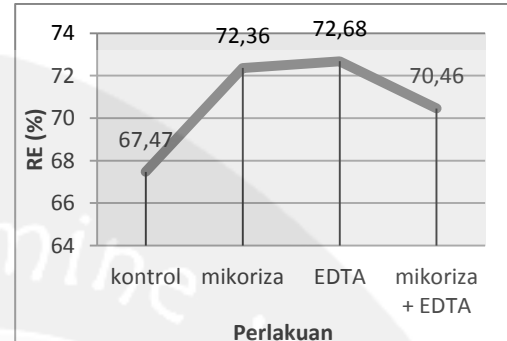


Gambar 1. Diagram penurunan Pb dalam tanah dengan perbedaan perlakuan

Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 sebelumnya dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh perlakuan terhadap penurunan kadar logam Pb dari awal dilakukannya penelitian hingga akhir dilakukannya penelitian. Analisis lebih lanjut dilakukan untuk melihat tingkat keberhasilan tanaman dalam menyerap kadar logam berat atau efektifitas fitoremediasinya dengan pengaruh perbedaan perlakuan. Efektivitas fitoremediasi dapat dilihat dari besarnya nilai *Removal Effectivity* (efektifitas penyisihan) logam berat dalam tanah (Khoiriyah, 2015). Berdasarkan Tabel 1 dapat dihitung efektifitas penyisihan kadar logam pada proses fitoremediasi tanah tercemar menggunakan rumus menurut Khoiriyah (2015) :

$$RE (\%) = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100 \%$$

Dengan menggunakan rumus tersebut diperoleh hasil perhitungan seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Grafik efektivitas penyisihan fitoremediasi Pb pada tanah

Berdasarkan Tabel 1 serta Gambar 1 dan Gambar 2 selain menunjukkan kemampuan bunga matahari (*Helianthus annuus*) dalam menyerap logam timbal, juga menunjukkan adanya pengaruh signifikan terhadap pemberian perlakuan dalam menurunkan kadar logam dalam tanah. Penurunan kadar logam Pb terbaik terdapat pada perlakuan EDTA dengan nilai sebesar $28,22 \times 10^{-2} \text{ mg.kg}^{-1}$ dengan persentase penyisihan sebesar 72,68%. Sedangkan penurunan kadar logam Pb tanah terkecil terdapat pada perlakuan kontrol dengan kadar logam sebesar $33,6 \times 10^{-2} \text{ mg.kg}^{-1}$ dan persentase penyisihan sebesar 67,47%.

Kandungan logam Pb pada perlakuan EDTA yang lebih besar dengan kandungan logam dari perlakuan lainnya menunjukkan bahwa adanya pengaruh penambahan EDTA sebagai senyawa pengelat sintetis. Kemampuan EDTA sebagai pengikat logam berat disebabkan EDTA tersebut membentuk ikatan kompleks dengan ion logam yang terdapat dalam medium tanah (Winarno, 1995; Furia, 1972). Molekul EDTA mampu mengikat ion logam dengan pembentukan 6 ikatan yaitu 2 ikatan untuk atom nitrogen pada gugus amino dan 4 untuk atom oksigen pada gugus karboksil (Winarno, 1995; Furia, 1972).

Penambahan senyawa pengelat dalam tanah dapat meningkatkan bukan hanya total konsentrasi logam yang terlarut tetapi juga mengubah mekanisme penyerapan. Hal ini tergantung pada jenis logam, jenis tanaman, dan konsentrasi senyawa pengelat yang secara signifikan meningkatkan penyerapan (Norway dkk. 2006). Penyerapan logam timbal (Pb) dalam jaringan tanaman dapat dilakukan melalui dua cara yaitu, penyerapan melalui akar dan

daun (Endes, 2000).

Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa dalam larutan di sekitar sistem perakaran dengan beberapa cara tergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar (Hardiani, 2009). Penambahan EDTA akan meningkatkan kelarutan logam Pb dalam air sehingga mudah diserap oleh akar daripada unsur hara lainnya seperti Fe dan Mn (Nowack dkk., 2006).

Kompleks logam-organik dalam tanah bergerak ke zona perakaran serta masuk ke rambut akar melalui membran sel (Khan dan Khan, 1983). Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya (Hardiani, 2009). Logam kemudian ditempatkan pada sel dan jaringan tanaman dengan tujuan agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman (Hardiani, 2009). Tanaman umumnya akan menimbun logam dalam vakuola dan organ tertentu seperti akar dan biji untuk mencegah keracunan logam dalam tanaman (Hardiani, 2009).

EDTA sebagai senyawa kimia sintetik sulit untuk didegradasi dalam lingkungan serta memengaruhi pertumbuhan tanaman (Chen dan Cutright, 2001). Pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kebanyakan dikarenakan sifat toksik EDTA juga sifat toksik ikatan kompleks EDTA-logam (Chen dan Cutright, 2001).

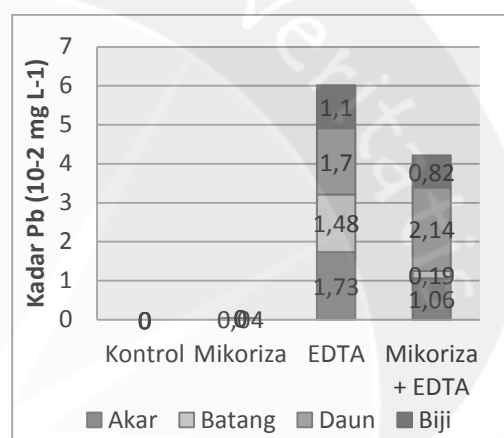
C. Pengaruh Perlakuan Terhadap Akumulasi dan Efisiensi Serapan Logam Timbal (Pb) Pada Organ Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus*)

Pengaruh pemberian perlakuan dengan organ tanaman terhadap penyerapan logam timbal dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) yang kemudian dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT), untuk melihat ada tidaknya antar perbedaan perlakuan dengan organ tanaman pada tingkat kepercayaan 95%. Berdasarkan perhitungan dengan SPSS tersebut dapat dilihat kemampuan bunga Matahari (*Helianthus annuus* L) dalam menyerap logam Pb secara keseluruhan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Kadar Pb ($\times 10^{-2}$ mg.kg⁻¹) dengan Variasi Perlakuan dan Organ Tanaman

Perlakuan	Organ Tanaman				Rerata
	Akar	Batang	Daun	Biji	
Kontrol	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0A
Mikoriza	0,04 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0,01A
EDTA	1,73 ^b	1,48 ^b	1,7 ^b	1,1 ^b	1,51B
Mikoriza + EDTA	1,06 ^b	0,19 ^b	2,14 ^b	0,82 ^b	1,05B
Rerata	0,71 Y Z	0,42 X	0,96 Z	0,48 X Y	

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata antar tiap perlakuan ($\alpha = 0,05$)



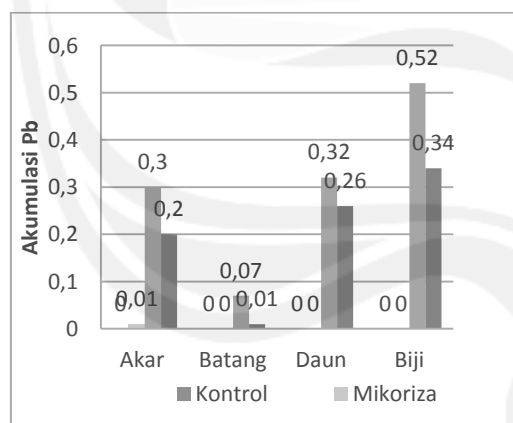
Gambar 3. Grafik pengaruh penyerapan Pb terhadap perbedaan perlakuan dan organ tanaman

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam memperlihatkan bahwa pengaruh perlakuan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap penyerapan logam Pb dalam tanaman. Sedangkan pengaruh organ tanaman dan interaksi antara perlakuan dengan organ tanaman berbeda nyata ($P < 0,05$). Berdasarkan uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan kontrol dan mikoriza memberikan pengaruh tidak beda nyata dalam menyerap logam Pb. Pada perlakuan EDTA dan kombinasi Mikoriza dengan EDTA menghasilkan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan Kontrol dan Mikoriza dalam menyerap logam Pb. Sedangkan uji Duncan pada organ tanaman berbeda nyata antara batang-biji, biji-akar, dan akar-daun, dimana hasil terkecil ada pada batang dan terbesar ada pada daun. Dari hasil juga dinyatakan bahwa kadar Pb paling tinggi berada pada bagian biji dengan perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA yaitu, sebesar $2,14 \times 10^{-2}$ mg.kg⁻¹ dan terendah dengan nilai 0×10^{-2} mg.kg⁻¹ pada perlakuan kontrol (semua

organ tanaman) dan perlakuan mikoriza pada batang, akar, dan biji. Akan tetapi, jika dilihat dari total kadar Pb pada tanaman, nilai perlakuan EDTA lebih tinggi dari perlakuan lainnya dalam membantu bunga Matahari menyerap logam timbal (Pb) dan perlakuan kontrol yang terendah. Hasil ini akan dibahas lebih lanjut bersamaan dengan akumulasi dan efisiensi serapan logam Pb. Akumulasi logam Pb pada tanaman bunga Matahari dihitung untuk mengetahui kandungan logam Pb pada akar, batang, daun, dan biji pada tiap perlakuan. Akumulasi logam Pb merupakan hasil pembagian berat logam Pb dari perhitungan AAS pada akar/batang/daun/biji dengan berat masing-masing organ tanaman (akar/batang/daun/biji) (Hardiani, 2009). Hasil perhitungan akumulasi logam Pb pada tanaman dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Akumulasi Logam Pb dalam Tanaman *Helianthus annuus L*

Perlakuan	Akumulasi Pb (mg.kg ⁻¹)			
	Akar	Batang	Daun	Biji
Kontrol	0	0	0	0
Mikoriza	0,01	0	0	0
EDTA	0,3	0,07	0,32	0,52
Mikoriza + EDTA	0,2	0,01	0,26	0,34



Gambar 4. Diagram akumulasi logam Pb pada *Helianthus annuus L*

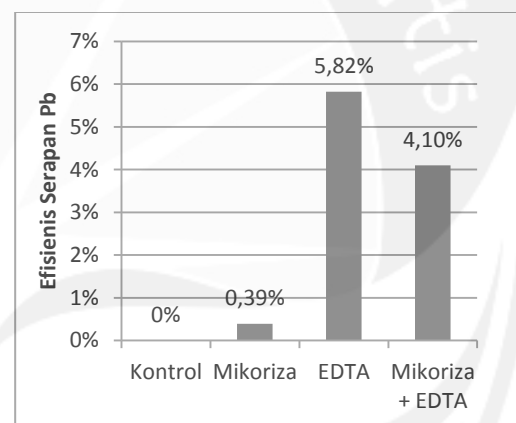
Berdasarkan hasil Tabel 3 dan Gambar 4, menunjukkan bahwa akumulasi logam Pb tertinggi berada di biji dengan nilai pada perlakuan kontrol, mikoriza, EDTA, dan kombinasi antara mikoriza dan EDTA masing-masing sebesar 0, 0, 0,52, dan 0,34 mg.kg⁻¹ secara berturut-turut. Sedangkan akumulasi logam Pb terendah berada di batang dengan nilai pada perlakuan kontrol, mikoriza, EDTA, dan kombinasi antara mikoriza dan EDTA

masing-masing sebesar 0, 0, 0,07, dan 0,01 mg.kg⁻¹ secara berturut-turut. Hasil ini akan dibahas bersamaan dengan efisiensi serapan logam untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap akumulasi logam pada tanaman.

Selain akumulasi logam Pb, efisiensi serapan logam Pb juga ikut dihitung untuk mengetahui informasi yang menggambarkan kemampuan tanaman dalam menyerap logam Pb. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Tabel 4. Efisiensi Penyerapan Logam Pb dalam Tanaman *Helianthus annuus L*

Perlakuan	Kadar Pb (×10 ⁻² mg.kg ⁻¹)		Efisiensi Serapan Pb (%)
	Tanah	Tanaman	
Kontrol	103,3	0	0
Mikoriza	103,3	0,01	0,39
EDTA	103,3	1,51	5,82
Mikoriza + EDTA	103,3	1,05	4,1



Gambar 5. Diagram efisiensi serapan logam Pb pada *Helianthus annuus L*

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 5, terlihat bahwa efisiensi serapan logam Pb tertinggi terdapat pada perlakuan EDTA sebesar 5,82% dan terendah pada perlakuan kontrol sebesar 0%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan EDTA memiliki peran terbaik dalam membantu penyerapan logam Pb pada bunga Matahari (*Helianthus annuus L*). Sedangkan, pada kondisi normal (kontrol/tanpa perlakuan) bunga Matahari tidak dapat menyerap logam Pb dalam tanah. Tidak terjadinya fitoremediasi pada bunga Matahari telah dijelaskan pada kandungan logam timbal (Pb) pada tanah dan tanaman.

Tingginya efisiensi serapan logam Pb pada perlakuan EDTA didukung dengan hasil akumulasi logam Pb yang pada semua organ tanaman paling tinggi di antara perlakuan

lainnya, juga pada hasil rerata kadar Pb pada tanaman. Sedangkan perlakuan kontrol dan mikoriza memiliki tingkat efisiensi serapan logam Pb terendah diantara perlakuan lainnya, yang juga dapat dilihat pada hasil rerata kadar Pb dan akumulasi logam Pb pada tanaman. Dari hasil penelitian, dinyatakan bahwa hanya perlakuan penambahan EDTA dan kombinasi mikoriza dan EDTA yang secara nyata membantu tanaman dalam menyerap logam Pb dari tanah. Tidak berhasilnya bunga Matahari (*Helianthus annuus* L) dalam melakukan fitoremediasi telah dijelaskan sebelumnya pada kandungan logam timbal (Pb) pada tanah dan tanaman. Sedangkan, perlakuan penambahan mikoriza seharusnya memberikan hasil nyata pada tanaman dalam menyerap logam Pb. Pengaruh perlakuan mikoriza dengan bunga Matahari telah diteliti sebelumnya oleh Awotoye dkk. (2009) yang menyatakan bahwa penambahan cendawan mikoriza arbuskula (CMA) dengan jenis *Glomus mosseae* dan *Glomus intraradices* meningkatkan pertumbuhan bunga Matahari juga penyerapan Pb oleh tanaman. Menurut Adewole dkk. (2010) juga menyatakan bahwa infeksi kedua jenis CMA diatas meningkatkan hasil panen bunga Matahari dan penyerapan Pb oleh tanaman.

Ketidakberhasilan mikoriza dalam menyerap logam Pb kemungkinan besar dikarenakan jenis mikoriza yang berpengaruh dalam keberhasilan penyerapan logam Pb oleh tanaman tidak terkandung dalam pupuk mikoriza yang digunakan. Mikoriza arbuskular kebanyakan telah diteliti perannya terhadap toleransi logam berat dalam tanah (Harrison, 1998; Del Val dkk., 1999; Burke dkk., 2000; Khan dkk., 2000) juga akumulasinya (Zhu dkk., 2001; Jamal dkk., 2002).

Kemungkinan lain adalah kondisi fisik-kimia tanah, tingkat kesuburan tanah, pH, jenis tanaman, serta konsentrasi unsur-unsur mikro di dalam tanah yang memengaruhi penyerapan logam Pb dalam tanah (Khan dkk., 2000). Mikoriza membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai dengan tingkat kelembaban, pH, dan suhu tertentu (tergantung jenis dan spesies). Keberhasilan inokulasi mikoriza tidak hanya berdasarkan kecocokan dengan tanaman inang, namun juga harus sesuai dengan kondisi tanah atau medium tanam (Khan dkk., 2000). Tanaman yang terserang kutu daun (seperti yang telah dijelaskan pada Proses Analisis Timbal Dalam Tanah, Akar, Batang, Daun, dan Biji Bunga Matahari) juga memungkinkan tidak terjadinya penyerapan Pb pada tanaman. Hal ini dikarenakan gangguan fungsional pada tanaman akibat terserang hama.

Simbiosis mikoriza dengan sistem perakaran yang tidak terjadi akibat kondisi tidak ideal ini, menyebabkan tidak terjadinya penyerapan logam Pb oleh tanaman. Perbandingan akar tanaman jagung dan bunga matahari yang telah diberi perlakuan mikoriza perlu di teliti lebih dalam lagi untuk melihat simbiosis yang terjadi pada kedua tanaman tersebut. Pengamatan mikoriza pada akar jagung juga perlu ditingkatkan. Tidak hanya pada bentuk morfologis, tetapi hingga pada bentuk anatominya.

Keberhasilan perlakuan EDTA pada tanaman membuktikan kinerja EDTA sebagai senyawa pengkelat. Kinerja EDTA dalam menyerap logam Pb telah dibahas sebelumnya dalam kandungan logam timbal (Pb) pada tanah dan tanaman. Berdasarkan hipotesis, perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA akan lebih efektif dalam menyerap logam berat dalam tanah daripada perlakuan lainnya. Perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA belum pernah diteliti pengaruhnya terhadap penyerapan logam Pb pada bunga Matahari. Untuk itu, hasil tidak dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya untuk melihat pengaruhnya. Akan tetapi dalam penelitian ini, perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA berhasil menghantarkan kandungan logam Pb hingga pada biji bunga Matahari, sama halnya dengan perlakuan EDTA. Ini menunjukkan adanya pengaruh penambahan EDTA atau mikoriza pada bunga Matahari dalam menyerap logam Pb. Tetapi, dengan hasil perlakuan mikoriza yang hampir tidak berpengaruh dalam menyerap logam Pb pada tanaman, kemungkinan besar juga tidak berpengaruh pada perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA. Kemungkinan besar penyerapan logam Pb dipengaruhi oleh senyawa pengkelat EDTA, tetapi penyerapan tidak lebih baik dari perlakuan EDTA. Hal ini kemungkinan dikarenakan senyawa pengkelat EDTA yang terdegradasi oleh mikrobia dalam tanah maupun dalam pupuk mikoriza sendiri. Sehingga mengurangi kemampuan EDTA pada perlakuan kombinasi ini.

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

1. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, penambahan EDTA dan Mikoriza pada bunga matahari (*Helianthus annuus*) dapat meningkatkan akumulasi logam Pb pada biji yaitu $0,52 \text{ mg.kg}^{-1}$ pada perlakuan EDTA dan $0,24 \text{ mg.kg}^{-1}$ pada perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA.
2. Perlakuan EDTA merupakan perlakuan yang terbaik dalam membantu bunga

3. matahari dalam menyerap Pb daripada perlakuan mikoriza. Sedangkan perlakuan kombinasi keduanya tidak lebih baik dari perlakuan EDTA.
4. Perlakuan EDTA lebih efektif dari perlakuan lainnya dengan efisiensi serapan Pb sebesar 5,82%. Sedangkan perlakuan kombinasi mikoriza dan EDTA dan mikoriza dengan efisiensi serapan Pb masing-masing sebesar 4,10 dan 0,39%, secara berturut-turut.

B. Saran

Penelitian yang sama harus diawali dari

DAFTAR PUSTAKA

- Adewole, M. B., Awotoye, O. O., Ohiembor, M. O., and Salami, A. O. 2010. Influence of mycorrhizal on phytoremediating potential and yield of sunflower in Cd and Pb polluted soils. *J Agric Sci* 55(1): 17-28.
- Awotoye, O. O., Adewole, M.B., Salami, A. O., and Ohiembor, M. O. 2009. Arbuscular mycorrhiza contribution to the growth performance and heavy metal uptake of *Helianthus annuus* LINN in pot culture. *African Journal of Environmental Science and Technology* 3(6): 157-163.
- Arisusanti, R. J., dan Purwani, K. I. 2013. Pengaruh mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap akumulasi logam timbal (Pb) pada tanaman *Dahlia pinnata*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 2(2): 157-163.
- Bertham, Y. H. 2011. *Teknik inokulasi mikoriza arbuskula*. Pupuk Dan Pestisida Hayati Pendukung Pertanian Berkelanjutan Yang Ramah Lingkungan. Workshop. Bandar Lampung. Hlm 36-41.
- Burke, S. C., Anglwe, J. S., and Chaney, R. L. 2000. Arbuscular mycorrhiza on plant growth. II. Influence of soluble phosphate on endophyte and host in maize. *New Phytol* 68: 945-952.
- Cecep, K. S. 1997. *Penggunaan Kotoran Sapi, Dolomit dan Zeolit Pada Oxy Dystropepts Darmaga yang diberi Perlakuan Logam Berat pada Taraf Meracun dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Vegetatif Jagung*. Skripsi. Fakultas Pertanian IPB, Bogor. Dalam: Haryanti, D., Budianta, D., dan Salni. 2013. Potensi beberapa jenis tanaman hias sebagai fitoremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah. *Jurnal Penelitian Sains* 16(2): 52-58.
- Chen, H., and Cutright, T. 2001. EDTA and HEDTA effects on Cd, Cr, and Ni uptake by *Helianthus annuus*. *Chemosphere* 45: 21-28.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press, Jakarta. Hlm 140.
- Del Val, C., Barea, J. M., and Azcon-Aguilar, C. 1999. Assessing the tolerance of heavy metals of arbuscular mycorrhizal isolated from sewage-sludge contaminated soils. *Applied Soil Ecology* 11:261-269.
- Farid, M., Ali, S., Shakoor, M. B., Bharwana, S. A., Rizvi, H., Ehsan, S., Tauqeer, H. M., Iftikhar, U., and Hanna, F. EDTA assisted phytoremediation of cadmium, lead, zinc. *Inter J of Agro and Plant Prod* 4(11): 2833-2846.
- Furia, T. E. 1972. *Handbook of Food Additives*. 2nd Edition Vol 1. CRC Press, Florida. Hlm 126.
- Gallego, S.M., Benavides, M.P., and Tomaro, M.L. 1996. Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: Evidence for involvement of oxidative stress. *Plant Sci*. 121: 151-159.
- Hardiani, H. 2009. Potensi tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Padat Industri Kertas. *BS* 44(1): 27-40.
- Harrison, M. J. 1998. Molecular and cellular aspects of the arbuscular mycorrhizal fungus to the uptake of cadmium and nickel in bean and maize plants. *Plant Soil* 184:195-207.
- Haryanti, D., Budianta, D., dan Salni. 2013. Potensi beberapa jenis tanaman hias sebagai fitoremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah. *Jurnal Penelitian Sains* 16(2): 52-58.
- Irwanto, R. 2010. Fitoremediasi lingkungan dalam Taman Bali. UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI. *Loyal Wisdom* 2(4): 29-

- 35.
- Jamal, A., Ayub, N., Usman, M., and Khan, A. G. 2002. Arbuscular mycorrhizal dependency in *Leucaena leucocephala*. *Applied Environmental Microbiology* 53: 797-801.
- Khan, A. G., Knek, C., and Chaudhry, T. M. 2000. Role of plants, mycorrhizae and phytochelation in heavy metal cpntaminated land remedia. *Chemosphere* 41(1-2): 197-207.
- Khan, S., and Khan, N. N. 1983. Influence of lead and cadmium on growth and
- Liphadzi, M. S., Kirkham, M. B., Mankin, K. R., and Paulsen, G. M. 2003. EDTA-assisted heavy-metal uptake by poplar and sunflower grown at a long-term sewage-sludge farm. *Plant and Soil* 257: 171-182.
- Nowack, B., Schulin, R., dan Robinson, B. 2006. Critical assessment of chelant-enhanced metal phytoextraction. *Environ Sci Technol* 40: 5225-5232.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta, Jakarta. Hlm 152.
- Ratcliffe, M. J. 1981. *Lead In Man dan The Environment*. Ellis Horwood Limited West Sussex, Engldan; John Willey & Sons, New York. Hlm 34, 47. Dalam: Dewi, Y. S., dan Hapsari, I. 2012. Kajian efektivitas daun puring (*Codiaeum variegatum*) dan lidah mertua (*Sansevieria trispasciata*) dalam menyerap timbal di udara ambien. *Jurnal Ilmiah Univ Satya Negara Indonesia* 5(2): 1-7.
- Sewalem, N., Efeky, S., and El-Shintinawy, F. 2014. Phytoremediation of lead and cadmium contaminated soils using sunflower plant. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 10(1): 122-134.
- Shirmardi, M., Savaghebi, G. R., Khavazi, K., Akbarzadeh, A., Farahbaksh, M., Rejali, nutrient concentration of tomato and eggs plant. *Plant and Soil* 74: 58-60.
- Lin, J., Jiang, W., dan Liu, D. 2003. Accumulation of copper by roots, hypocotyls, cotyledons dan leaves of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Biores. Technol.* 86: 151-155. Dalam: Nehnevajova, E.H., Federer, R., Erismann, G., Schwitzguebel, K.H. dan Paul, J. 2005. Screening of sunflower cultivars for metal phytoextraction in a contaminated field prior to mutagenesis. *Int. J. Phytoremed.* 7: 337-349
- F., and Sadat, A. 2010. Effect of microbial inoculants on uptake of nutrients elements in two cultivars of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in saline soils. *Not Sci Biol* 2(3): 57-66.
- Suharno dan Sancayaningsih, R. P. 2013. Mikoriza Arbuskula: Potensi Teknologi Mikrorizoremediasi Logam Berat dalam Rehabilitasi Lahan Tambang. *Bioteknologi* 10(1): 31-42.
- Sunitha, M. S. L., Prashant, S., Kumar, S. A., Rao, S., Narasu, M. L., and Kishor, B. K. 2013. Cellular and molecular mechanisms of heavy metal tolerance in plants: a brief overview of transgenic plants over-expressing phytochelatin synthase and methallothionein gens. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 14(1,2): 33-48.
- Van der Lelie, D., Schwizgu'ebel, J.P., Glass, D.J., Vangronsveld, J. and Baker, A. 2001. Assessing phytoremediation's progress in the United States and Europe. *Environ. Sci. Technol.* 35: 447-452.
- Winarno, F. G. 1995. *Enzim Pangan*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. Hlm 103-107.
- Zhu, Y. G., Christie, P., and Laidlaw, A. S. 2001. Uptake of Zn by arbuscular mycorrhizal white clover Zn-contaminated soil. *Chemospehere* 42: 193-199.